

## Precision indication and tracking procedure for portions of pipe circuitry uses optical sighting, triangulation and scanning

**Publication number:** FR2814539

**Publication date:** 2002-03-29

**Inventor:** COURCOUX ALAIN

**Applicant:** FRAMATOME SA (FR)

**Classification:**

- international: **G01C15/00; G21C17/017; G01C15/00; G21C17/017;**  
(IPC1-7): G01C3/00; G01C7/00; G21C17/017

- european: G01C15/00A; G21C17/017

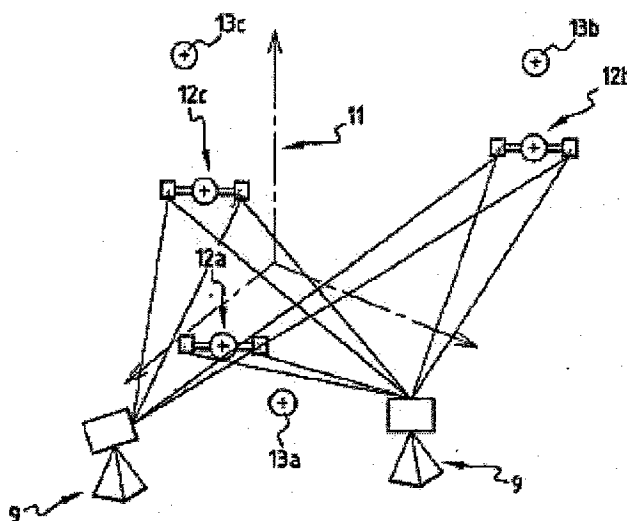
**Application number:** FR20000012310 20000927

**Priority number(s):** FR20000012310 20000927

[Report a data error here](#)

### Abstract of FR2814539

The procedure consists of determining by optical sighting with tachymeters (9) and triangulation the positions of at least three target points (12a, 12b, 12c; 13a, 13b, 13c) in a portion of a pipe circuit and its environment and determining, from the target points' positions, a virtual orthonormed reference map (11) and the co-ordinates of the target centers in relation to it. The scene is then scanned optically with a laser beam associated with a CCD camera to obtain the scatter of representative points of the pipe circuit and targets, and the coordinates of the points are determined on the orthonormed virtual reference map from the calculated distances between the representative points and target centers.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑫

DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE

A3

②② Date de dépôt : 27.09.00.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 29.03.02 Bulletin 02/13.

⑤⑥ Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la  
procédure de rapport de recherche.

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés : Certificat d'utilité résultant de la trans-  
formation volontaire de la demande de brevet dépo-  
sée le 27/09/00.

⑦① Demandeur(s) : FRAMATOME Société anonyme —  
FR.

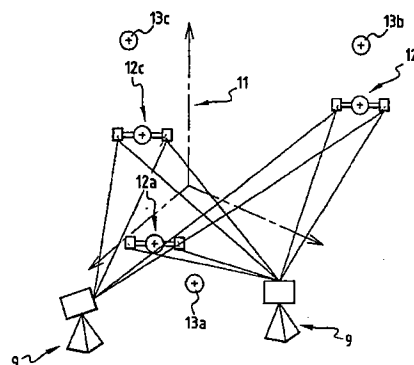
⑦② Inventeur(s) : COURCOUX ALAIN.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

⑤④ PROCÉDE DE RELEVÉ ET DE TRACE A HAUTE PRECISION D'AU MOINS UNE PORTION D'UN CIRCUIT  
CONSTITUÉ DE TUYAUTERIES.

⑤⑦ On détermine par visées optiques et triangulation la position d'un ensemble d'au moins trois cibles de repérage (12a, 12b, 12c, 13a, 13b, 13c) liées à l'environnement de la portion de circuit dont on effectue le relevé. On définit à partir des positions des cibles un repère virtuel orthonormé (11) et les coordonnées du centre des cibles dans le repère orthonormé. On réalise un balayage optique de la scène constituée par la portion de circuit et son environnement au moyen d'un faisceau laser associé à une caméra CCD. On détermine la position des centres de cibles centrées liées à l'environnement et de points représentatifs de la portion de circuit de tuyauteries. On détermine les coordonnées des points représentatifs de la portion de circuit dans le repère orthonormé virtuel (11), à partir des distances calculées et des coordonnées des centres des cibles centrées déterminées par visées optiques et triangulation. On effectue au moins un tracé de la portion de tuyauterie sous forme d'un plan isométrique.



L'invention concerne un procédé de relevé et de tracé à haute précision, d'au moins une portion d'un circuit constitué de tuyauteries ayant une forme complexe et disposée dans un environnement peu accessible.

5 Dans certaines industries, et en particulier dans la production d'énergie dans les centrales nucléaires, on utilise des circuits de tuyauteries présentant de petits diamètres, par exemple des diamètres compris entre 15 et 35 mm, ayant des formes très complexes et qui sont situés dans un environnement encombré, très peu accessible et soumis par exemple à des radiations interdisant la présence prolongée de personnel au voisinage du circuit.

10 De tels circuits peuvent être par exemple des circuits de mesure et de contrôle associés au générateur de vapeur ou à la cuve d'un réacteur nucléaire à eau sous pression ou encore des circuits de secours permettant un approvisionnement d'un circuit du réacteur nucléaire avec de l'eau d'appoint.

15 De tels circuits comportent en particulier de nombreux coudes, des branches situées dans de nombreux plans horizontaux ou verticaux, des branches inclinées ou des branches masquées par d'autres éléments du circuit ou de l'environnement dans lequel est situé le circuit de tuyauteries.

20 Il peut être nécessaire à l'exploitant de l'installation industrielle de connaître avec une très grande précisions les caractéristiques géométriques et dimensionnelles de tels circuits, par exemple dans le cas où ces circuits doivent être modifiés ou aménagés ou encore dans le cas où il est nécessaire de placer, dans l'environnement du circuit, de nouveaux composants ou de nouvelles parties de circuit. En particulier, il est nécessaire de disposer de moyens permettant d'obtenir très facilement et très rapidement les  
25 informations concernant les dimensions d'éléments caractéristiques du circuit ou les distances entre certains éléments caractéristiques.

30 Dans les centrales nucléaires, et en particulier à l'intérieur du bâtiment de sécurité du réacteur nucléaire, il n'est pas possible d'effectuer des relevés ponctuels sur certaines parties de tuyauterie, surtout pendant le fonctionnement du réacteur nucléaire et même pendant les périodes d'arrêt, tout en respectant les plannings des différents intervenants, les circuits pouvant être difficilement accessibles ou émettant des radiations qui interdisent des séjours prolongés de personnel au voisinage des circuits.

Il est donc souhaitable de disposer de relevés extrêmement précis de ces circuits qui comportent suffisamment d'informations pour qu'on puisse, à tout moment, obtenir des plans détaillés de tout ou partie du circuit, sous une forme isométrique permettant d'obtenir des mesures directes de distance sur ces circuits.

Il est nécessaire en particulier de disposer de procédés permettant de réaliser en un temps très court de nombreux plans de circuit de tuyauterie, par exemple pour déterminer la possibilité et les conditions d'une intervention sur le circuit ou au voisinage du circuit.

Pour effectuer des relevés sur des installations de forme complexe, avec une très bonne précision, on utilise, de manière habituelle, des théodolites ou tachéomètres, avec lesquels on peut calculer de manière très précise les coordonnées de points du circuit dont on réalise le relevé, par visées optiques et triangulation. Les tachéomètres comportent un dispositif de mesure de distance par laser qui permet d'obtenir les coordonnées de points, de manière plus rapide.

Pour réaliser les visées de points du circuit ou de son environnement, il est nécessaire de placer en chacun des points sur lequel on réalise des visées pour déterminer les coordonnées du point, une cible sur laquelle on réalise la visée. Les cibles utilisées pour effectuer le relevé de points avec un tachéomètre peuvent être des cibles réalisées sous la forme de sphères de très petit diamètre dont le centre constitue le point sur lequel on réalise la visée ou de petites cibles planes groupées par paire et permettant de déterminer précisément la position d'un point milieu entre les cibles.

On peut utiliser également des cibles plus étendues et par exemple des sphères de grand diamètre dont on vise certains points particuliers qui peuvent être matérialisés sur la sphère.

Un tel procédé de détermination de coordonnées par visées optiques et triangulation et éventuellement mesure de distance par laser nécessite de placer des cibles en chacun des points dont on désire déterminer les coordonnées avec précision et des opérations relativement longues et complexes pour réaliser le relevé de chacun des points liés au circuit de l'installation ou à son environnement. De ce fait, il n'est pas possible de réaliser, en

un temps suffisamment court, un relevé très précis d'un circuit de forme complexe, dans un environnement peu accessible dans lequel le temps d'intervention des opérateurs est limité.

5 On connaît des procédés et dispositifs associant l'utilisation d'un faisceau laser de balayage des surfaces dont on réalise le relevé optique et des caméras CCD permettant de déterminer avec une très grande précision les positions relatives des points d'une surface dont on réalise le balayage et éventuellement, suivant les logiciels utilisés, les coordonnées locales dans l'espace des points dont on assure le relevé.

10 On connaît en particulier un tel dispositif de relevé optique de points par faisceau laser ou scanner 3D commercialisé sous la dénomination SOISIC par la société Mensi. Le fonctionnement du capteur SOISIC repose sur le principe de la triangulation plane : un faisceau laser de faible puissance est réfléchi par un miroir mobile, l'angle incident étant mesuré à la source  
15 par une caméra CCD. L'angle réfléchi qui correspond à la position du spot laser focalisé sur la surface balayée est observé par une seconde caméra CCD disposée dans le plan de balayage du miroir. Le relevé suivant la troisième dimension, perpendiculaire au plan de balayage, est obtenu par rotation du scanner autour d'un axe joignant le centre du miroir au point de réception de la caméra CCD.  
20

Le relevé des coordonnées des points est obtenu en balayant la scène point par point avec le miroir et ligne par ligne.

Un tel dispositif permet d'effectuer le relevé de très nombreux points en un temps très court avec une très bonne précision (par exemple 100  
25 coordonnées XYZ par seconde), ce qui permet d'envisager le relevé de surfaces ou circuits de formes très complexes.

En outre, les coordonnées des points de la surface dont on effectue le relevé sont connues avec une très bonne précision, ce qui permet d'envisager d'effectuer, sur des installations industrielles telles que des circuits de  
30 tuyauterie, des relevés avec une précision qui peut être par exemple de l'ordre du millimètre, sur plusieurs dizaines de mètres.

Cependant, les dispositifs de balayage par faisceau laser pour le relevé optique de surfaces ne permettent de déterminer que les distances re-

latives des points dont on effectue le relevé ou les coordonnées locales de ces points permettant de définir ou de reproduire la forme de la surface dont on a effectué le balayage. De tels dispositifs ne permettent pas de saisir l'ensemble constitué par une installation, par exemple un circuit de tuyauterie ou une portion de circuit, et de le placer de manière très précise dans un environnement complexe de grandes dimensions. Ce procédé ne peut donc être utilisé pour effectuer des plans d'un circuit de tuyauterie associé à une installation de grandes dimensions, par exemple une partie d'un bâtiment d'un réacteur nucléaire et des composants situés à l'intérieur du bâtiment constituant un environnement complexe pour le circuit hydraulique ou pneumatique.

Un tel procédé et dispositif ne peut donc être utilisé pour réaliser des plans donnant un tracé isométrique, dont la précision est de quelques millimètres, d'un circuit à l'intérieur d'un environnement complexe de grandes dimensions. Par la suite, on désignera par "scène" l'ensemble du circuit ou de la portion de circuit dont on effectue le relevé et l'environnement complexe de ce circuit.

D'autre part, les procédés par balayage optique de type scanner réalisés sur des installations de grandes dimensions et/ou comportant des cloisonnements nécessitent la réalisation d'opérations successives de relevé entre lesquelles on doit déplacer le dispositif de relevé, les différentes scènes élémentaires dont on effectue le relevé successivement devant être ensuite raccordées. Un tel raccordement, appelé consolidation, est généralement difficile à réaliser pour obtenir un relevé d'ensemble d'un circuit ou d'une portion de circuit dans une installation de grandes dimensions, avec une grande précision.

Le but de l'invention est donc de proposer un procédé de relevé et de tracé à haute précision, d'au moins une portion d'un circuit constitué de tuyauteries ayant une forme complexe, dans un environnement peu accessible, le relevé et le tracé de la portion de circuit étant susceptibles de fournir, de manière très précise, la forme et la position dans l'environnement et les distances entre des points quelconques de la portion de circuit, avec une

rapidité d'exécution satisfaisante et une restitution parfaite du positionnement de la portion de circuit dans son environnement.

Dans ce but :

5 - on détermine, par visées optiques et triangulation, la position d'un ensemble d'au moins trois cibles de repérage liées à la scène constituée par la portion de circuit et son environnement et on définit, à partir des positions des cibles, un repère virtuel orthonormé et les coordonnées de centres des cibles dans le repère orthonormé,

10 - on réalise un balayage optique de la scène au moyen d'un faisceau laser associé à au moins une caméra CCD, de manière à obtenir des nuages de points représentatifs de la portion de circuit et de cibles de forme centrée appartenant à l'ensemble de cibles de repérage,

15 - on détermine la position des centres des cibles centrées et des points représentatifs de la portion de circuit de tuyauteries dans la scène, sous la forme de distances entre les points représentatifs ou entre ces points et les centres des cibles centrées,

20 - on détermine les coordonnées des points représentatifs de la portion de circuit dans le repère orthonormé virtuel, à partir des distances calculées entre les points et centres des cibles centrées et des coordonnées dans le repère orthonormé virtuel, des centres des cibles centrées, déterminées par visées optiques et triangulation, et

25 - on effectue au moins un tracé de la portion de tuyauterie dans la scène sous forme d'un plan isométrique, à partir des coordonnées des points représentatifs de la portion de tuyauterie dans le repère virtuel orthonormé.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va décrire à titre d'exemple, en se référant aux figures, un mode de réalisation du relevé et du tracé d'une portion de circuit de tuyauteries de petits diamètres d'une centrale nucléaire ainsi que les tracés isométriques obtenus.

30 La figure 1 est une vue en plan et en coupe, par un plan horizontal, d'une casemate d'une centrale nucléaire renfermant un générateur de vapeur identifié par la référence RCP041 GV et des portions de circuits de

tuyauteries utilisés pour effectuer des mesures, dans le générateur de vapeur.

La figure 2 est une vue schématique de différentes cibles utilisées pour constituer et mettre en place un repère virtuel orthonormé dans la scène constituée par au moins une portion de circuit et son environnement.

La figure 3 est une vue schématique montrant une scène élémentaire comportant une partie de la portion de circuit de tuyauteries et des sphères de repérage.

La figure 4 représente deux scènes élémentaires comportant chacune une partie de la portion de circuit de tuyauteries et des sphères de repérage, le relevé des deux scènes élémentaires étant effectué successivement par balayage optique, avec un certain recouvrement.

La figure 5 représente un tracé isométrique de tuyauteries d'une centrale nucléaire obtenu par le procédé de l'invention.

Sur la figure 1, on voit une partie d'une paroi latérale cylindrique 1 en béton de l'enceinte de sécurité d'un réacteur nucléaire à eau sous pression et, à l'intérieur de l'enceinte 1, une enceinte de sécurité du générateur de vapeur 2 limitée par des parois en béton renfermant un générateur de vapeur 3.

A l'intérieur de l'enceinte de sécurité du générateur de vapeur 2 sont disposées des tuyauteries 4, 5, 6 et 7 comportant des tronçons de traversée de l'enceinte de sécurité 1 du réacteur nucléaire et constituant des portions de circuit hydraulique utilisé pour effectuer des prélèvements et mesures dans le générateur de vapeur 3 ou pour son approvisionnement en eau.

Les différentes canalisations 4, 5, 6 et 7 constituent des portions de circuits de petits diamètres associés au générateur de vapeur dont il est nécessaire de connaître avec une très bonne précision la forme et les dimensions, aussi bien dans leur partie disposée à l'intérieur de la casemate 2 du générateur de vapeur 3 qu'à l'extérieur de l'enceinte de sécurité 1 du réacteur nucléaire.

Sur la figure 1, on a représenté un ensemble de huit cibles 8a, 8b, 8c, 8d, 8e, 8f, 8g et 8h qui sont situées dans le plan de coupe de la figure 1 et qui sont utilisées pour la mise en œuvre du relevé et du tracé des tuyaute-



ries 4, 5, 6 et 7, aussi bien à l'intérieur de la casemate du générateur de vapeur 3 et de l'enceinte de sécurité 1 qu'à l'extérieur de l'enceinte de sécurité.

Plusieurs jeux de cibles sont disposés dans différents plans suivant la hauteur, dans la direction axiale du générateur de vapeur disposé dans la casemate 2.

Au niveau représenté sur la figure 1, quatre cibles 8a, 8b, 8c et 8d sont disposées à l'intérieur de la casemate 2 du générateur de vapeur 3 et quatre cibles 8e, 8f, 8g et 8h au voisinage de la paroi extérieure de l'enceinte de sécurité 1.

Les cibles de l'ensemble de cibles 8 peuvent être constituées par des sphères de petits diamètres pour assurer la visée de leur centre par un tachéomètre ou des sphères de plus grandes dimensions, éventuellement associées à des cibles disposées de manière symétrique par rapport au centre de la sphère, pour permettre à la fois des visées à l'aide d'un tachéomètre et un balayage par un scanner à faisceau laser.

Pour effectuer les visées à l'intérieur de l'enceinte de sécurité, on utilise deux positions de tachéomètre 9a et 9b et pour effectuer les visées à l'extérieur de l'enceinte de sécurité, une position de tachéomètre 9c.

Les positions de tachéomètre 9a et 9b peuvent être occupées simultanément par deux tachéomètres ou successivement par un seul tachéomètre qui est déplacé de la première position à la seconde position de visée.

De plus, pour effectuer le balayage des canalisations constituant les portions de circuit dont on effectue le relevé, on utilise des dispositifs de balayage à faisceau laser et caméra CCD, par exemple des dispositifs SOISIC placés dans les positions 10a, 10b, 10c et 10d. Enfin, pour effectuer les opérations de balayage des portions de circuit à l'extérieur de l'enceinte de sécurité 1, on utilise deux dispositifs de balayage à faisceau laser et caméra CCD dans les positions 10e et 10f.

Les différentes positions de tachéomètre permettent d'effectuer la visée de toutes les cibles constituées par des sphères fixées sur les parois de la casemate du générateur de vapeur ou sur la paroi de l'enceinte de sécurité du réacteur nucléaire, pour déterminer les coordonnées XYZ du centre géométrique de ces sphères.

Les différentes positions de dispositifs de balayage à faisceau laser permettent de réaliser le balayage de toutes les parties caractéristiques des tuyauteries 4, 5, 6 et 7 et des sphères de grand diamètre fixées au voisinage des tuyauteries 4, 5, 6 et 7 et fixées sur une paroi de l'environnement de ces canalisations.

5

Le procédé selon l'invention est mis en œuvre de manière qu'on effectue un tracé et un repérage précis de certaines parties des canalisations de formes particulières ou complexes telles que les coudes, embranchements ou changements de direction.

10

Les parties droites des canalisations entre ces parties caractéristiques dont on effectue le relevé précis peuvent être tracées ou déterminées sans effectuer de balayage précis.

15

Il est à remarquer que le procédé suivant l'invention peut être mis en œuvre sur des tuyauteries ou portions de circuit qui traversent des parois, les relevés effectués de part et d'autre des parois pouvant être raccordés par le fait que le repérage de toutes les coordonnées des points caractéristiques des portions de circuit est défini par des coordonnées repérées dans un même repère orthonormé virtuel.

20

Sur la figure 2, on a représenté de manière conventionnelle la position d'un ensemble de sphères désigné par le repère 8.

Chacune des cibles de l'ensemble de cibles 8 est fixée sur une paroi délimitant l'environnement à l'intérieur duquel est placée la portion de circuit de tuyauterie dont on désire effectuer le relevé.

25

On a de plus représenté deux positions de tachéomètre 9 permettant la visée des cibles pour réaliser dans un premier temps la définition et la mise en place d'un repère orthonormé virtuel 11 dans l'environnement de la portion de circuit dont on désire réaliser le relevé.

30

L'ensemble de cibles 8 peut comporter des sphères dont on réalise la visée à partir des tachéomètres dans les positions 9, la position des sphères déterminée par triangulation à partir des visées optiques des tachéomètres 9 et par mesure de distance étant assimilée à la position du centre de ces sphères qui présentent un très petit diamètre par rapport à la distance de visée.

Les cibles peuvent également être constituées par des dispositifs tels que 12a, 12b et 12c qui comportent chacun une sphère de grandes dimensions et deux petites cibles dans des positions symétriques par rapport au centre de la sphère, les cibles étant utilisées pour les visées à l'aide des tachéomètres dans des positions 9 et la sphère centrale et les dispositifs tels que 12a, 12b et 12c ayant un diamètre suffisant pour pouvoir être relevé par balayage à l'aide du faisceau laser du dispositif de balayage à faisceau laser et caméra CCD.

L'ensemble de sphères 8 comporte également des sphères telles que 13a, 13b, 13c dont on peut effectuer le balayage et la reconnaissance par un dispositif de balayage à faisceau laser et caméra CCD, les sphères étant placées au voisinage de la portion de circuit dont on effectue le relevé comme il sera expliqué en regard des figures 3 et 4.

Dans un premier temps, on effectue le relevé des positions des cibles à l'aide des tachéomètres dans les positions de visée 9, les repérages de position des cibles telles que 12a, 12b et 12c étant effectués sur les petites cibles latérales, le centre de la cible constituant le point milieu des deux visées.

Les visées sur les sphères peuvent permettre de déterminer directement la position du centre de la sphère.

Sur les sphères 13a, 13b et 13c, les visées peuvent être effectuées sur des points particuliers repérés sur les sphères ou sur des points particuliers tels que le point le plus haut, le point le plus bas, le point le plus à droite ou le point le plus à gauche de la sphère.

On peut en déduire la position du centre des sphères de grand diamètre.

Pour définir un repère orthonormé 11 virtuel permettant de repérer l'ensemble de la scène comportant la portion de circuit et son environnement, on utilise au moins trois cibles, par exemple des cibles 12a, 12b et 12c, le repère 11 étant placé dans l'ensemble de la scène, par rapport aux cibles dont on a déterminé la position par triangulation à partir des visées optiques des tachéomètres.

On détermine également les coordonnées X, Y et Z des centres de l'ensemble des cibles dans le repère orthonormé virtuel 11.

5 Sur la figure 3, on a représenté une scène élémentaire comportant une partie 14 de la portion de circuit dont on effectue le relevé et quatre sphères de grand diamètre 13a, 13b, 13c et 13d situées au voisinage de la partie 14 de la portion de circuit permettant de repérer la partie 14 constituée par une tuyauterie de forme complexe dans son environnement, les sphères 13a, 13b, 13c et 13d étant fixées sur des parois adjacentes à la portion de circuit dont on effectue le relevé.

10 On effectue un relevé de la scène élémentaire représentée sur la figure 3, en utilisant le dispositif de balayage à faisceau laser et caméra CCD dans une disposition permettant de saisir l'ensemble de la scène.

L'ensemble de la scène est reproduit sous la forme de nuages de points représentant la portion de circuit 14 et les sphères 13a, 13b, 13c et 15 13d.

On peut sélectionner certaines parties ou éléments de la scène, les autres éléments étant effacés ou masqués.

De manière à affiner la représentation de certaines parties caractéristiques de la portion de circuit, il est possible de sélectionner certaines zones de travail de l'image formée des points discrets sur lesquelles on effectue un balayage à vitesse variable, de manière à bien distinguer les détails des éléments caractéristiques de la portion de circuit. Pour cela, on effectue un balayage rapide de certaines portions des éléments caractéristiques, par exemple des éléments constitués par des branches droites de tuyauteries et 25 au contraire un balayage lent et fin de parties caractéristiques des tuyauteries, par exemple des coudes ou des embranchements. On obtient ainsi une densité de points variables suivant les zones de l'élément dont on effectue le balayage.

30 Un logiciel de traitement des points de l'image permet de déterminer de manière précise, à partir des nuages des points représentant les sphères 13a, 13b et 13c, la position des centres des sphères. On effectue des calculs de distance entre différents points caractéristiques de la portion de cir-

cuit et entre les centres des sphères et les éléments caractéristiques de la portion de circuit.

On peut déterminer des coordonnées locales des points caractéristiques de la portion de circuit dans un système d'axes liés à la scène élémentaire dont on a effectué le relevé.

La position des centres des sphères dans le repère orthonormé défini par les coordonnées qui ont été calculées à partir des visées effectuées par les tachéomètres permet de replacer la scène saisie par balayage par le faisceau laser dans le repère général orthonormé virtuel qui a été défini et placé précédemment dans l'ensemble de la scène comportant la portion de circuit.

On calcule ainsi les coordonnées de tous les points caractéristiques de la portion de circuit dans le repère orthonormé virtuel 11.

Comme il est visible sur la figure 4, on réalise la saisie de l'ensemble de la portion de circuit 15 par scènes élémentaires successives analogues à la scène représentée sur la figure 3.

Pour chacune des scènes successives telles que 16a et 16b, on obtient par balayage les points discrets représentant quatre sphères de grand diamètre (par exemple 13a, 13b, 13c et 13d pour la scène 16a) et une partie de la portion de tuyauterie 15 (par exemple la partie 14 pour la scène 16a).

On réalise, après la scène 16a, une scène 16b en déplaçant la sphère 13a dans la position 13'a et en effectuant le balayage des sphères 13b, 13c, 13d et 13a dans la position 13'a ainsi que la partie 14' de la portion de circuit 15.

Le repérage des points caractéristiques et des parties successives de la portion de circuit est effectué dans le même repère orthonormé virtuel 11, si bien qu'on peut obtenir un relevé continu de la portion de circuit 15 sur tout son parcours, même si celui-ci est très long et s'étend par exemple de part et d'autre d'une paroi.

Toutefois, il peut subsister des écarts entre les extrémités des parties successives de la portion de circuit qui ont été relevées par le balayage par faisceau électronique. On effectue un raccordement en supprimant les discontinuités locales sur l'image obtenue.

En définitive, on obtient une représentation de l'ensemble de la portion de circuit par ses coordonnées dans le repère orthonormé virtuel unique.

5 Les coordonnées obtenues sont utilisées pour tracer des plans de la portion de circuit en utilisant un logiciel de CAO. Un tel logiciel comporte en particulier une bibliothèque lui permettant de reconnaître les différents éléments situés sur la portion de circuit, tels que des raccords, des piquages ou des vannes.

10 Ces éléments particuliers peuvent faire l'objet de l'édition d'une nomenclature portant les caractéristiques des éléments.

Les plans réalisés sous forme isométrique permettent de réaliser des relevés de distance entre des points quelconques de la portion de circuit et une cotation des distances, par exemple des longueurs successives des éléments de tuyauterie.

15 Sur la figure 5, on a représenté le tracé isométrique d'une portion de circuit relié à un générateur de vapeur 3 d'un réacteur nucléaire refroidi par de l'eau sous pression. La portion de circuit 15 a été représentée entre deux plans situés suivant la hauteur du générateur de vapeur et comporte différents tronçons successifs dont les longueurs sont indiquées dans une représentation en perspective. Certains symboles et désignations alphanumériques désignent des éléments tels que des vannes, raccords ou manchons.

20 Les différentes branches de tuyauterie de la portion de circuit sont soit horizontales, soit verticales, soit encore inclinées et dans ce cas des cotes sont données sous la forme des côtés de triangles rectangles pour déterminer les inclinaisons des branches de la portion de circuit.

25 Un circuit complexe dans son ensemble peut être relevé par balayage par un faisceau laser et replacé dans un repère unique, de telle sorte que l'exploitation des coordonnées obtenues par un logiciel de dessin peut permettre d'obtenir toute représentation du circuit et les longueurs et directions de toutes les portions du circuit.

30 Le procédé de l'invention peut être mis en œuvre dans un environnement quelconque, pour assurer le relevé de la portion de circuit.

Ce relevé peut être effectué de manière rapide, dans la mesure où le repère virtuel peut être déterminé à partir d'un nombre limité de visées optiques et de calculs par triangulation.

5 Le relevé précis de la forme de la portion de circuit par balayage à l'aide d'un faisceau laser peut être réalisé rapidement, la vitesse de balayage pouvant être modulée en fonction de la complexité des détails à saisir sur la portion de circuit.

10 L'invention ne se limite pas au mode de réalisation qui a été décrit. C'est ainsi qu'on peut utiliser tout type de théodolite ou tachéomètre pour réaliser les visées optiques et les déterminations de position de points de la scène en vue d'élaborer et de placer le repère virtuel, et qu'on peut utiliser tout type de cible pour effectuer ces déterminations de position et pour re-

15 placer les scènes élémentaires saisies par balayage par faisceau électronique dans le repère virtuel. On peut également utiliser tout type d'installation de balayage par faisceau laser et de traitement par caméra CCD, pour obtenir les points représentatifs de la portion de circuit.

20 La vitesse et donc le pas de balayage peuvent être fixés à toute valeur voulue et modulés en fonction du niveau de complexité des parties du circuit dont on effectue le relevé.

25 Bien entendu, le procédé selon l'invention peut s'appliquer non seulement dans le cas de circuit de tuyauteries de petits diamètres dans les centrales nucléaires mais également dans le cas de tout circuit de tuyauteries de petits diamètres utilisé dans des installations industrielles, dans un secteur quelconque, par exemple dans l'industrie chimique ou pétrochimique.

30 Lors du balayage optique d'un tube de petit diamètre, le faisceau laser tend à se diffracter selon un angle important dans le cas d'un tube présentant une forte brillance. On introduit ainsi une erreur importante sur le calcul du diamètre du tube estimé à partir du nuage de points représentatifs de la tuyauterie.

En recouvrant le tube par un produit diminuant la brillance, on diminue fortement l'erreur sur le diamètre du tube. De tels produits diminuant la

brillance peuvent être par exemple un aérosol matifiant du type révélateur blanc (D70 de chez BABB CO) pour les contrôles non destructifs.



REVENDICATIONS

- 1.- Procédé de relevé et de tracé à haute précision, d'au moins une portion (15) d'un circuit constitué de tuyauteries ayant une forme complexe, dans un environnement peu accessible, le relevé et le tracé de la portion (15) de circuit étant susceptibles de fournir, de manière très précise, la forme et la position dans l'environnement et les distances entre des points quelconques de la portion (15) de circuit, caractérisé par le fait :
- qu'on détermine, par visées optiques et triangulation, la position d'un ensemble d'au moins trois cibles de repérage (12a, 12b, 12c, 13a, 13b, 13c) liées à la scène constituée par la portion (15) de circuit et son environnement et on définit, à partir des positions des cibles, un repère virtuel orthonormé (11) et les coordonnées de centres des cibles dans le repère orthonormé (11),
  - qu'on réalise un balayage optique de la scène au moyen d'un faisceau laser associé à au moins une caméra CCD, de manière à obtenir des nuages de points représentatifs de la portion de circuit (15) et de cibles (13a, 13b, 13c, 13d) de forme centrée appartenant à l'ensemble de cibles de repérage,
  - qu'on détermine la position des centres des cibles centrées (13a, 13b, 13c, 13d) et des points représentatifs de la portion de circuit (15) de tuyauteries dans la scène, sous la forme de distances entre les points représentatifs et les centres des cibles centrées,
  - qu'on détermine les coordonnées des points représentatifs de la portion de circuit (15) dans le repère orthonormé virtuel (11), à partir des distances calculées entre les centres des cibles centrées et les points représentatifs de la portion de circuit (15) et des coordonnées des centres des cibles centrées, dans le repère orthonormé (11), déterminées par visées optiques et triangulation, et
  - qu'on effectue au moins un tracé de la portion de tuyauterie (15) dans la scène sous forme d'un plan isométrique, à partir des coordonnées des points représentatifs de la portion de tuyauterie (15) dans le repère virtuel orthonormé (11).

2.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on réalise le balayage optique de la scène constituée par la portion de circuit (15) et son environnement par scènes élémentaires successives (16a, 16b) comportant chacune une partie (14, 14') de la portion de circuit (15) et un ensemble de cibles (13a, 13b, 13c, 13d) liées à l'environnement de la partie (14) de la portion de circuit (15).

3.- Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait qu'on déplace une au moins des cibles (13a) d'une scène (16a) à la scène suivante (16b), entre deux opérations de balayage de deux scènes élémentaires successives (16a, 16b).

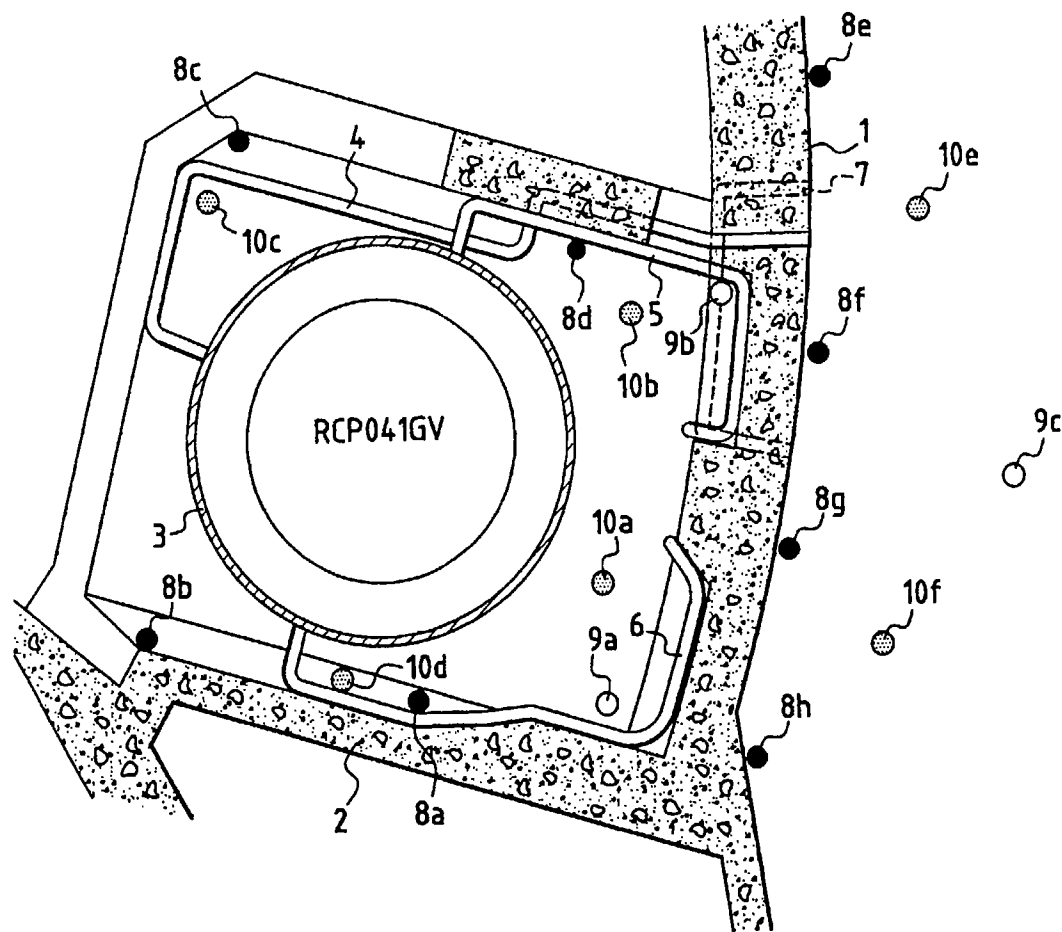
4.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'on module la vitesse de balayage optique de la portion de circuit (15), de manière à effectuer un balayage lent et fin de parties caractéristiques complexes de la portion de circuit (15).

5.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait qu'on sélectionne des éléments de la scène sur lesquels on effectue un balayage optique, les éléments restant de la scène étant effacés.

6.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, pour le relevé et le tracé d'une portion de circuit (15) de tuyauteries de petit diamètre d'une centrale nucléaire comportant un réacteur refroidi par de l'eau sous pression, caractérisé par le fait qu'on effectue des visées optiques de cibles (8a, 8b, 8c, 8d, 8e, 8f, 8g, 8h) à l'intérieur d'une enceinte de sécurité (1) du réacteur nucléaire et à l'extérieur de l'enceinte de sécurité (1) et qu'on effectue un balayage optique de tuyauteries (4, 5, 6, 7) de la portion de circuit et de cibles centrées, à l'intérieur de l'enceinte de sécurité (1) du réacteur nucléaire et à l'extérieur de l'enceinte de sécurité, pour obtenir un relevé et un tracé de la portion de circuit à l'extérieur et à l'intérieur de l'enceinte de sécurité (1) du réacteur nucléaire.

7.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait qu'on recouvre une partie au moins des tuyauteries (5, 6, 7) de la portion de circuit (15) d'une couche d'un produit atténuant la

brillance du tube tel qu'un aérosol du type révélateur blanc pour contrôle non destructif, avant d'effectuer le balayage optique de la portion de circuit (15).

FIG.1

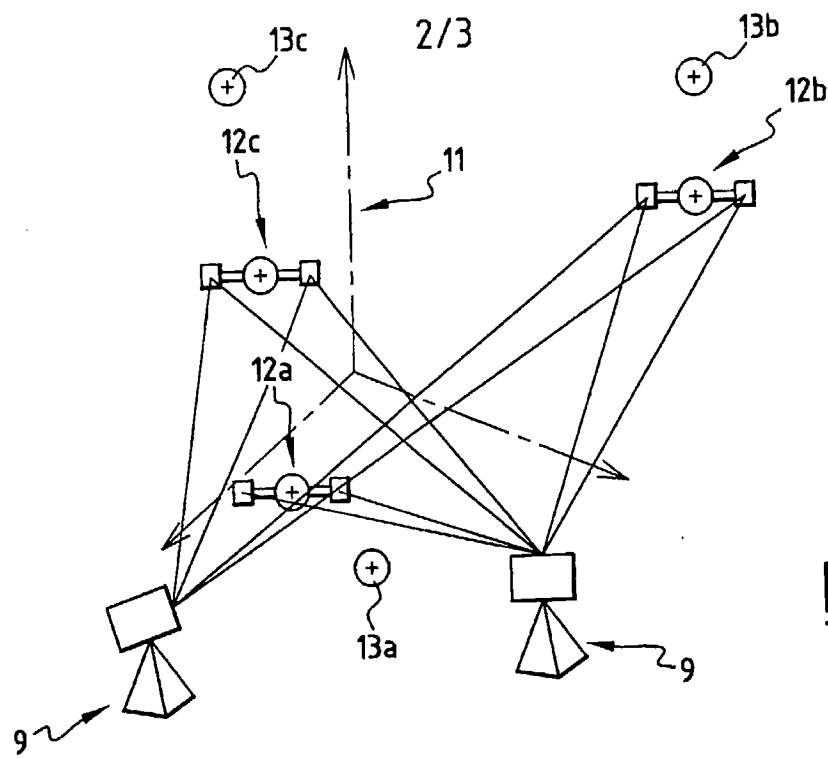


FIG. 2

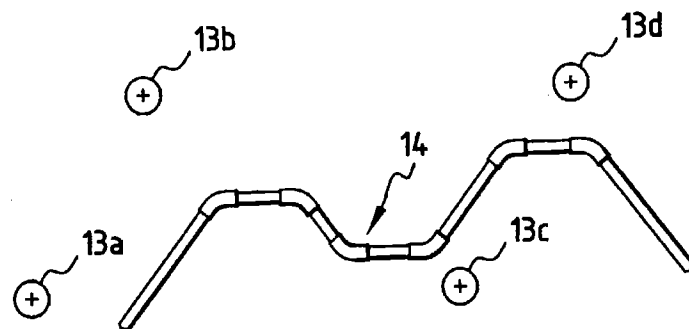


FIG. 3

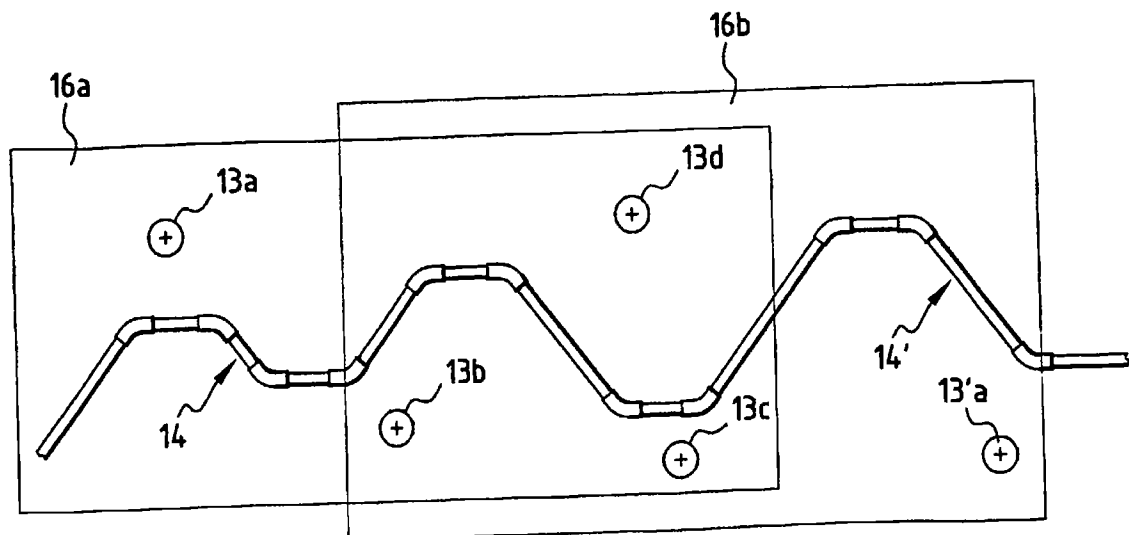


FIG. 4

3/3

